

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-300542

(43)Date of publication of application : 28.10.1994

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

G06F 15/62

G06F 15/64

(21)Application number : 05-089634

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>

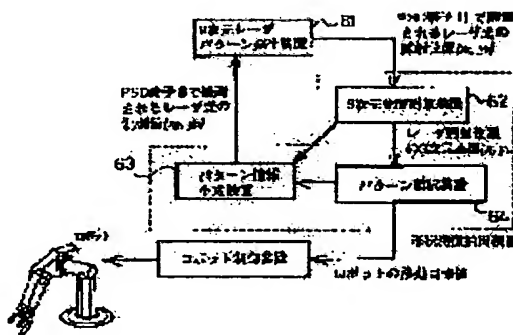
(22)Date of filing : 16.04.1993

(72)Inventor : TAKAHASHI YUICHI  
TATEISHI KAZUYOSHI  
WATABE AKINORI(54) SHAPE FEATURE EXTRACTION DEVICE WITH TWO-DIMENSIONAL LASER  
PATTERN AND TWO-DIMENSIONAL LASER PATTERN

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enable the shape change of an object to be easily followed, and allow the three-dimensional measurement thereof to be completed in a short time by obtaining a plane parameter from the three-dimensional position of the object exposed to a laser beam, and using a point for the change of a plane parameter as the feature point of the object.

CONSTITUTION: A laser beam from a two-dimensional laser pattern generator 61 is projected in an arbitrary two-dimensional pattern form. A three-dimensional position measurement device 62 acts to synchronize laser beam emission timing with two-dimensional point detection timing, and calculates the three-dimensional position where the laser beam hits. Furthermore, the device 62 obtains plane parameters determined with the three-dimensional positions of a plurality of points, and compares the plane parameters every time the three dimensional positions are sequentially calculated, thereby determining the number of constitutional planes. Also, a pattern information generator 63 classifies a plurality of the parameters so obtained into the models of constituent planes, and changes a parameter to be projected, depending upon the results of the classification. In addition, a pattern interpretation device 64 detects the shape change of a projection object on the basis of features such as ridges and apexes determined with a plurality of the planes.



## LEGAL STATUS

BEST AVAILABLE COPY

[Date of request for examination] 02.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6 - 3 0 0 5 4 2

(43) 公開日 平成6年(1994)10月28日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B	11/24	F	9108- 2 F	
G 0 6 F	15/62	4 1 5	9287- 5 L	
	15/64	3 2 5	F 7631- 5 L	

審査請求 未請求 請求項の数 7

O L

(全 1 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-89634

(22) 出願日 平成5年(1993)4月16日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 高 橋 友 一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 立 石 和 義

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 渡 部 昭 憲

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本  
電信電話株式会社内

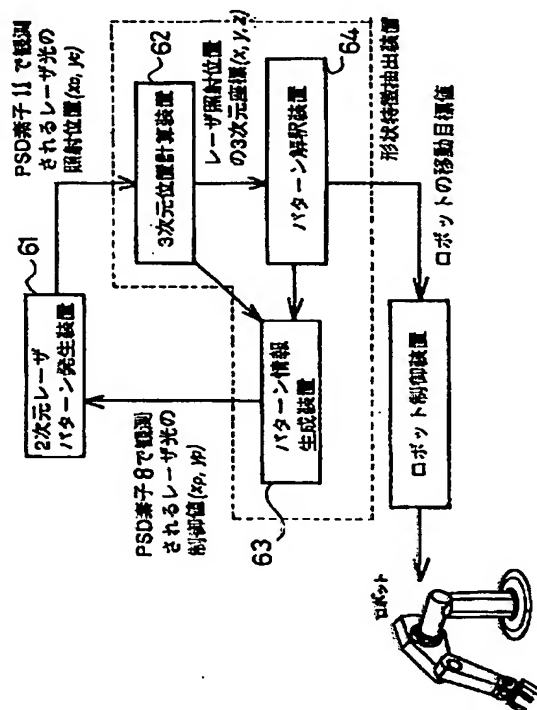
(74) 代理人 弁理士 磯野 道造

(54) 【発明の名称】 2次元レーザパターンによる形状特徴抽出装置および2次元レーザパターン発生装置

(57) 【要約】

【目的】 2次元レーザパターンにより、複数の面から構成される形状抽出を行うに際し、形状の変化に容易に追従できるようにし、またパラメータ調節を要することなく、少ない記憶エリアで迅速に3次元計測できるようにする。

【構成】 レーザ光を任意の2次元パターン状に投影する2次元レーザパターン発生装置61と、レーザ発光タイミングと2次元の点検出タイミングの同期をとり、高速に3次元位置を計算し、複数(3点以上)の点の3次元位置で決定される面のパラメータを求める3次元位置計算装置62と、得られた面のパラメータの状態に応じて投影するパターンを変更するパターン情報生成装置63と、複数の平面により決定される稜・頂点などの特徴をもとに形状の変化にあわせロボットの動きを制御するパターン解釈装置64から構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の面から構成される対象物の形状抽出を行う形状特徴抽出装置であって、

レーザ光を任意の 2 次元パターン状に投影する 2 次元レーザパターン発生装置と、レーザ発光タイミングと 2 次元の点検出タイミングの同期をとり、レーザ光の当たった点の 3 次元位置を計算し、複数の点の 3 次元位置で決定される面のパラメータを求める 3 次元位置計算装置と、得られた面のパラメータの状態に応じて投影するパターンを変更するパターン情報生成装置と、複数の平面により決定される稜・頂点などの特徴をもとに投影対象の形状変化を検出するパターン解釈装置から構成することを特徴とする 2 次元レーザパターンによる形状特徴抽出装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の形状特徴抽出装置において、3 次元位置計算装置では、複数の点の 3 次元位置から面パラメータを決定し、順次 3 次元位置が計算される毎に面パラメータを比較することで構成面の数を定めることを特徴とする 2 次元レーザパターンによる形状特徴抽出装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の形状特徴抽出装置において、パターン情報生成装置では、3 次元位置計算装置で求まる複数の面パラメータから構成される面のモデルに分類し、その結果に応じて投影パターンを変更することを特徴とする 2 次元レーザパターンによる形状特徴抽出装置。

【請求項 4】 半導体レーザと、この半導体レーザの光レーザビームを平面波ビームに変換する集光レンズと、回転可能に支持された 2 つの回転ミラーと、これら回転ミラーの間に配置された 2 つのリレーレンズと、前記回転ミラーで偏向されたレーザビームの光路中に配置されたビームスプリッタと、このビームスプリッタで分割されたビームの偏向位置を検出する光学的位置検出素子とを備え、前記 2 つの回転ミラーを前記リレーレンズにより共役結像関係に配置し、かつ前記光学的位置検出素子によりレーザビームの偏向位置を制御するように構成されていることを特徴とする 2 次元レーザパターン発生装置。

【請求項 5】 半導体レーザと、この半導体レーザの光レーザビームを平面波ビームに変換する集光レンズとを備え、この集光レンズを光軸に直角な方向に位置制御することによりレーザビームの偏向を制御することを特徴とする 2 次元レーザパターン発生装置。

【請求項 6】 半導体レーザと、集光レンズと、回転ミラーと、レンズとを備え、前記半導体レーザからのレーザビームを前記回転ミラーに結像する共役光学系に前記集光レンズを配置し、かつ回転ミラーを前記レンズの後側焦点位置に配置したことを特徴とする 2 次元レーザパターン発生装置。

【請求項 7】 請求項 4、請求項 5 または請求項 6 に記

載の 2 次元レーザパターン発生装置において、半導体レーザにマルチビームレーザを用いたことを特徴とする 2 次元レーザパターン発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、外観検査、形状特徴抽出、ロボットの軌道生成など 3 次元計測に用いられる 2 次元レーザパターンによる形状特徴抽出装置およびこの装置に使用される 2 次元レーザパターン発生装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 パターン光を用いた 3 次元計測には以下の方法が知られている（三次元画像計測，井口・佐藤著，昭晃堂）。

① スリット光を用いる方法

② 規則的なパターン（例えば市松格子パターン）を用いる方法

③ リングパターンを投影する方法

(a) 回転ミラーを用いてリングパターンを投影する

(b) 円錐レンズを用いてリングパターンを投影する

(c) レーザビームをリング状に走査し、リングパターンを投影する

(d) x-y 走査型ミラーで、リングパターンを投影する

【0003】 <スポット光やスリット光を用いたセンサのロボットへの応用>スポット光やスリット光を用いたセンサはロボット溶接に應用されている（特開昭59-223817 号「緑および継目追従用マイクロベクトル制御方法」や「ロボット溶接におけるセンサシステムの応用例」，関野，溶接学会誌，Vol.60(1991)No.1, pp.74-80）。

。このようなロボット溶接においては、センサを用いて対象形状の特徴に従ってロボットの軌道を生成するシステムが多くある（図 2 2 参照）。

【0004】 図 2 2 において、ロボットアームの先端には、ツール 1 0 0、スリット光を用いたレンジセンサ 1 0 1、2 次元位置検出回路 1 0 2 を備え、自律的にロボットが特徴形状（例えば、L 字や V 字形状）の溶接線を抽出して移動する。これらのシステムでは、センサ 1 0 1 に固定された座標系 c で観察される対象の 3 次元位置 P c は、ロボットに固定された座標系 p における対象の 3 次元位置 P p に、 $P p = T P c$ （ここで、変換行列 T は座標系 c の原点の位置と傾きで決まる）で変換される。

【0005】 <2 次元レーザパターン発生装置>また、リングパターンに関しては、従来、図 2 4 に示すように、回転ミラーを用いた 2 次元レーザパターン発生装置がある。この装置は、He-Ne レーザ 1 1 1、回転ミラー 1 1 2 および 1 1 3、レンズ 1 1 4、CCD 撮像素子 1 1 5 からなり、He-Ne レーザ 1 1 1 から射出したレーザビーム L B は、回転ミラー 1 1 2、1 1 3 により  $\theta x$  および  $\theta y$  の方向に偏向され、図示しない物体に

照射される。物体に照射されたレーザービームLBの散乱反射光は、レンズ114を介してCCD撮像素子115に結像され、物体の形状の観測に供される。ここで、レンズ114の光軸116は、レーザービームLBの照射点の三角測量のため、レーザービームLBの物体への照射方向とは、一般的に一致しない。

【0006】図25は、図24の装置における2次元レーザービームの走査光軸を説明する図であり、図の

(イ)、(ロ)においてzはレーザービームの光軸方向の位置を、xは回転ミラー112の回転 $\theta_x$ による偏向の位置を、yは回転ミラー113の回転 $\theta_y$ による偏向の位置を示す。z<sub>1</sub>は回転ミラー112の位置を、z<sub>2</sub>は回転ミラー113の位置を、z<sub>3</sub>およびz<sub>4</sub>はレーザービームLBの光軸方向のある位置を示している。図の

(ハ)においてaおよびbは、z<sub>3</sub>およびz<sub>4</sub>の位置におけるx-y方向のレーザービームのLBの偏向パターン軌跡を表している。z<sub>3</sub>の位置では偏向パターン軌跡cは円形であるが、z<sub>4</sub>の位置では偏向パターン軌跡dは楕円形となっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

<スポット光やスリット光を用いたセンサのロボットへの応用>しかしながら、前述のような従来のスポット光やスリット光を用いたロボットでは、溶接する箇所と軌道を決定する点として同じ点、またはある固定の長さだけ離れた点を用いているため、形状の変化に追従できず、図23に示すように、鋭角に変化する部分を溶接することができない。また、スポット光やスリット光の像を2次元画像処理で特徴抽出して処理しているため、特徴抽出がヒューリスティックな画像処理に依存し、画像処理パラメータを調節する必要があり、時間がかかる、一画面对応の多量の記憶エリアを必要とするなどの問題があった。

【0008】<2次元レーザーパターン発生装置>従来の2次元レーザーパターン発生装置の場合、次のような問題点がある。

(1) 図24の従来装置において、 $\theta_x$ - $\theta_y$ 方向の回転ミラー112、113の位置が一致していないため、偏向パターン軌跡を円形にしようとするとき2つの回転ミラーの回転角度の大きさを変えていることから、ある特定の光軸方向の距離では偏向パターン軌跡が円形になるものの、それ以外の光軸距離では偏向パターン軌跡が楕円になる(図25参照)。このように、距離によってレーザービームで描画されるパターンの相似形状が変化すると、三角測量の場合には、あたかも対象とする物体面の光軸に対する傾斜が変化したのと同様に観測され、計測の誤差を生じる問題があった。

【0009】(2) また、このような2次元レーザーパターン発生装置は投影パターンの観測装置とともにロボット

の作業位置制御などに用いられる。このように装置全体が移動しながら動作すると、機構部が加速度を受け、例えば図25における回転ミラー112、113の支持部材や可動ミラーなどが励振され、支持部材や可動ミラーなどの重心と支持点のアンバランスにより外力による意図しないミラーの回転や、支持部材の撓みなどによる本来の回転方向以外のミラーの並進や回転などが発生する。このように機構に振動があると、レーザーパターンが変形し、正確な投射パターンの観測ができなくなり、結果として振動が収まるまで観測測定が行えず、作業速度が低下する問題があった。

【0010】(3) さらに、偏向機構については、2つの回転ミラー112、113により $\theta_x$ および $\theta_y$ の方向に偏向させる構成をとっており、光学系が大型となり、小型のロボットのアームに取り付ける場合にはアーム系の剛性を低下させる問題があった。

【0011】この発明は、前述のような問題点を解消すべくなされたもので、第1の目的は、対象物の形状変化に容易に追従することができ、パラメータ調節の必要がなく、少ない記憶エリアで短時間に3次元計測を行うことのできる2次元レーザーパターンによる形状特徴抽出装置を提供することにある。第2の目的は、レーザービームで描画されるパターンの相似形状が距離によって変化しないようにでき、またミラーの支持部材や回転ミラーなどの振動があっても正確な投射レーザーパターンを生成でき、さらに小型の光学系を構成することのできる2次元レーザーパターン発生装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】この発明は前記目的を達成するために、次のような構成とした。即ち、この発明に係る形状特徴抽出装置は、複数の面から構成される対象物の形状抽出を行う装置であって、レーザー光を任意の2次元パターン状に投影する2次元レーザーパターン発生装置と、レーザー発光タイミングと2次元の点検出タイミングの同期をとり、レーザー光の当たった点の3次元位置を計算し、複数の点の3次元位置で決定される面のパラメータを求める3次元位置計算装置と、得られた面のパラメータの状態に応じて投影するパターンを変更するパターン情報生成装置と、複数の平面により決定される稜・頂点などの特徴をもとに投影対象の形状変化を検出するパターン解釈装置から構成する。

【0013】3次元位置計算装置では、複数の点の3次元位置から面パラメータを決定し、順次3次元位置が計算される毎に面パラメータを比較することで構成面の数を定める。パターン情報生成装置では、3次元位置計算装置で求まる複数の面パラメータから構成される面のモデルに分類し、その結果に応じて投影パターンを変更する。

【0014】この発明に係る第1の2次元レーザーパターン発生装置は、半導体レーザと、この半導体レーザの光

レーザビームを平面波ビームに変換する集光レンズと、回転可能に支持された2つの回転ミラーと、これら回転ミラーの間に配置された2つのリレーレンズと、前記回転ミラーで偏向されたレーザビームの光路中に配置されたビームスプリッタと、このビームスプリッタで分割されたビームの偏向位置を検出する光学的位置検出素子とを備え、前記2つの回転ミラーを前記リレーレンズにより共役結像関係に配置し、かつ前記光学的位置検出素子によりレーザビームの偏向位置を制御するように構成されている。

【0015】この発明に係る第2の2次元レーザパターン発生装置は、半導体レーザと、この半導体レーザの光レーザビームを平面波ビームに変換する集光レンズとを備え、この集光レンズを光軸に直角な方向に位置制御することによりレーザビームの偏向を制御する。

【0016】この発明に係る第3の2次元レーザパターン発生装置は、半導体レーザと、集光レンズと、回転ミラーと、レンズとを備え、前記半導体レーザからのレーザビームを前記回転ミラーに結像する共役光学系に前記集光レンズを配置し、かつ回転ミラーを前記レンズの後側焦点位置に配置する。なお、各2次元レーザパターン発生装置において、半導体レーザにはマルチビームレーザを用いることもできる。

【0017】

【作用】以上のような形状特徴抽出装置の構成において、レーザ光の当たった対象物の3次元位置から面のパラメータが求められ、面パラメータが変化する点を形状の特徴点とする。この特徴点の個数をもとに面の状態を複数のケースに分類する。複数のケース毎にロボットの位置と姿勢を定める。これにより、対象物の形状の変化に容易に追従することができ、また溶接線等が面の交線であることを利用したパラメータ調節のいらない形状抽出により、記憶エリアを少なくできるとともに、迅速な3次元計測を行うことができる。

【0018】2次元レーザパターン発生装置においては、2つの回転ミラー間に配置した2つのリレーレンズにより共役光学系が構成され、レーザビームで描画されたパターンの相似形状が距離によって変化しないようにすることができる。また、ビームスプリッタと光位置検出素子によりレーザビームの偏向位置を検出し、フィードバック制御することにより、ミラーの支持部材や回転ミラーなどの振動があっても、正確な投射レーザパターンを生成することができる。

【0019】半導体レーザの集光レンズを光軸に直角な方向に移動させるなどして2次元レーザパターン発生装置を構成することにより、装置を小型化することができる。ロボットアーム等の剛性の低下を解消することができる。

【0020】

【実施例】以下、この発明を図示する実施例に基づいて

詳細に説明する。

<2次元レーザパターン発生装置>図1は、この発明に係る2次元レーザパターン発生装置の構成と、パターンの観測装置を説明する図であり、2次元レーザパターン発生装置は、半導体レーザ1、集光レンズ2、回転ミラー3、リレーレンズ4、リレーレンズ5、回転ミラー6、ビームスプリッタ7、PSD (Position Sensing Device) 素子8から構成する。観測装置は、レンズ9、半導体レーザ1の波長をバンドパス帯域に有する光学フィルター10、光照射位置を検出するPSD撮像素子11から構成されている。

【0021】半導体レーザ1および集光レンズ2により生成された平面波のレーザビームLBは、回転ミラー3により $\theta_x$ の方向に偏向され、2つのリレーレンズ4、5を通り、回転ミラー6により $\theta_y$ の方向に偏向される。ここで、第1のリレーレンズ4は、回転ミラー3よりリレーレンズ4の後側焦点距離だけ離れた位置に配置し、第2のリレーレンズ5はリレーレンズ4より2つのリレーレンズ4・5の前側焦点距離の和だけ離れた位置に配置し、回転ミラー6は第2のリレーレンズ5よりリレーレンズ5の後側焦点距離だけ離れた位置に配置し、回転ミラー3の像が回転ミラー6の位置に結像される共役光学系が構成されるようにする。

【0022】さらに、回転ミラー6で反射・偏向されたレーザビームLBは、ビームスプリッタ7により一部が分波されてPSD素子8に入射する。ここで、レーザビームLBで描画されたパターンの相似形状は、回転ミラー6から観測位置までの距離によって変化しないので、PSD素子8によりレーザビームLBの描画パターンを監視できる。

【0023】図示されない物体に照射されたレーザビームLBの散乱反射光は、レンズ9によりPSD撮像素子11に結像され、物体の形状の観測に供される。ここで、レンズ9の光軸12は、レーザビームLBの照射点の三角測量のため、レーザビームLBの図示されない物体の照射方向とは一般的には一致しない。また、光学フィルター10は、レーザビームLBの波長帯域のみを透過することにより、背景光などの雑音の取り込みを少なくすることができる。

【0024】図2は、図1の装置における2次元レーザビームの走査光軸を説明する図であり、図の(イ)、(ロ)において $z$ はレーザビームの光軸方向の位置を、 $x$ は回転ミラー3の回転 $\theta_x$ による偏向の位置を、 $y$ は回転ミラー6の回転 $\theta_y$ による偏向の位置を示す。 $z_1$ は回転ミラー3の位置を、 $z_2$ はリレーレンズ4の位置を、 $z_3$ はリレーレンズ5の位置を、 $z_4$ は回転ミラー6の位置を、 $z_0$ および $z_0'$ はレーザビームLBの光軸方向のある位置を示している。図の(ハ)において $a$ および $b$ は、 $z_0$ および $z_0'$ の位置における $x-y$ 方向のレーザビームのLBの偏向パターンの軌跡を表してい

る。 $z_0$  および  $z_1$  の位置ともに偏向パターン軌跡  $a$ ,  $b$  は円形であり、 $\theta x$ - $\theta y$  方向の回転ミラー 3 と 6 とを光学的に共役で一致させたため、光軸距離によってレーザビームで描画されたパターンの相似形状が変化しない。

【0025】図3に示すのは、2次元レーザパターン発生装置および観測装置の一部の制御回路の構成を説明する図であり、制御信号発生回路21、レーザ駆動回路22、比較回路23および24、ミラー駆動回路25および26、位置検出回路27および28、サンプルホールド回路29および30からなる。

【0026】2次元レーザビームの描画パターンは、図示しない中央制御装置CPUにより制御信号発生回路21へ形状データとして入力され、さらに制御信号発生回路21から比較回路23、24を介してミラー駆動回路25、26へ回転ミラーの回転角駆動量が入力され、ミラー電流  $i_a$ ,  $i_b$  により回転ミラー 3, 6 を駆動制御する。ここで、レーザビームLBで描画されたパターンの相似形状を監視するPSD素子8からの出力は、位置検出回路27により回転ミラー 3, 6 の角回転方向成分に変換され、比較回路23、24においてCPUからの描画形状データと比較され、それらの誤差が抑圧されるように帰還制御される。これにより、装置全体が加振されて回転ミラーに誤差となる振動が生じてもこれらを補正することが可能となる。

【0027】一方、レーザ駆動回路22は、半導体レーザ1の出力を制御するレーザ電流  $i$  を供給する回路であり、制御信号発生回路21により連続点灯あるいは間欠点灯の制御を行う。このとき、図示されない物体に照射されたレーザビームLBの散乱反射光のレンズ9による結像のPSD撮像素子11の出力は、位置検出回路28から2方向の座標成分として出力されるが、サンプルホールド回路29、30により、半導体レーザ1の点滅時のみのデータが出力される。

【0028】図4ないし図7は、前記制御回路の動作と2次元レーザの生成パターンを説明する図であり、図4においては、ミラー電流  $i_a$  および  $i_b$  は周期  $T_0$ 、位相差  $T_0/4$  の正弦波信号で、レーザ電流  $i$  を連続点灯することで、円形パターンのレーザビーム描画パターンを得ることができる。図5においては、ミラー電流  $i_a$  および  $i_b$  は周期  $T_0$ 、位相差  $T_0/4$  の正弦波信号で、レーザ電流  $i$  を周期  $T_0/4$ 、停止期間  $\Delta t$  で間欠点灯することで、4つの円弧で構成されたレーザビーム描画パターンを得ることができる。

【0029】図6においては、ミラー電流  $i_a$  は周期  $T_0$  の三角波信号、ミラー電流  $i_b$  は周期  $T_0/2$  の鋸歯状波信号で、レーザ電流  $i$  を周期  $T_0/2$ 、停止期間  $\Delta t$  で間欠点灯することで、X字形のレーザビーム描画パターンを得ることができる。図7においては、ミラー電流  $i_a$  および  $i_b$  は周期  $T_0$ 、起伏位相の反転した垂直尾

翼形状信号で、レーザ電流  $i$  を周期  $T_0$ 、停止期間  $\Delta t$  で間欠点灯することで、逆L字形のレーザビーム描画パターンを得ることができる。以上のように、ミラー電流  $i_a$  および  $i_b$ 、レーザ電流  $i$  の制御により、任意のレーザビーム描画パターンを生成することが可能である。

【0030】次に、図8、図9に示すのは、集光レンズの移動によりレーザビームを偏向させる2次元レーザパターン発生装置の例であり、半導体レーザ31、集光レンズ32、支持部33、支持バネ34、レンズ治具35、可動コイル36、磁気回路37からなる。半導体レーザ31から射出されたレーザビームLBは、集光レンズ32で平面波ビームに変換されるが、光軸が半導体レーザ31の光軸に一致する集光レンズ位置では、射出ビームLBaは直進する。集光レンズ32が  $\delta x$  だけ光軸に直角に移動すると、射出ビームLBbはレンズ光軸から  $\theta x$  だけ偏向する。ここで、集光レンズ32の焦点距離を  $f$  とすると、 $\tan \theta x = \delta x \div f$  の関係が成り立つ。

【0031】この集光レンズ32を移動させる機構は、集光レンズ32を光軸に直角な2方向に移動させる構造である。集光レンズ32はレンズ治具35により支持され、このレンズ治具35を半導体レーザ31を固定する支持部33に対して4本の支持バネ34a~34dを介して取り付けることにより2方向に移動自在とされ、また平面波ビームが得られるように配置される。レンズ治具35の4辺に接続された可動コイル36a~36dは、固定側の磁気回路37a~37hによりモータを構成し、可動コイル36の電流制御により、集光レンズ32を光軸に直角な2方向に駆動できる。

【0032】ここで、各磁気回路37は可動コイル36をヨークで挟む配置で、コイルに直角な方向に磁束を与える構造であり、支持部に連結される図示しない保持部に固定されている。支持バネ34はワイヤバネであり、レンズ光軸に直角な撓み変形が可能な構成である。この実施例では、4本のワイヤバネを用いたが、ボールベアリング摺動部材を用いて光軸直角方向に自由度を与える構造を用いてもよい。駆動についても、可動磁石型の電磁機構や圧電素子の利用が可能である。以上のように、集光レンズ32を光軸に直角な方向に駆動する機構構成は、構造を小型にできる利点がある。

【0033】図10、図11は、1つの回転ミラーの回転によりレーザビームを偏向させる2次元レーザパターン発生装置の例であり、半導体レーザ41、集光レンズ42、回転ミラー43、レンズ44、コイル45、支持部46、可動磁石47、支持針48、支持バネ49からなる。

【0034】半導体レーザ41および集光レンズ42は、レーザビームLBが回転ミラー43に集光するように配置され、回転ミラー43からの反射ビームLBa、

LBbはレンズ44により平面波ビームに変換するように配置される。すなわち、半導体レーザ41と回転ミラー43は共役結像位置に、回転ミラー43はレンズ44の後側焦点位置に配置されているため、レンズ44透過後の反射ビームLBa、LBbは、常に光軸に平行に照射される。したがって、従来の光軸距離によってレーザビームで描画されたパターンの大きさの変化を防止できる利点がある。

【0035】回転ミラー43は、図11に示すように、中央部が支持針48、周辺部が支持パネ49により支持されて傾動自在とされ、回転ミラー43の4辺に取り付けた可動磁石47と、支持部46に固定されたコイル45とにより構成されるモータにより回転制御される。このモータの構造は図9の実施例と基本的に同じであるが、この場合には可動磁石47がコイル45により移動する。

【0036】図12は2本のレーザビームを用いた2次元レーザパターン発生装置の例であり、半導体レーザ51、集光レンズ52、回転ミラー53、スクリーン54からなる。マルチビームの半導体レーザ51からのレーザビームLB<sub>1</sub>、LB<sub>2</sub>は、集光レンズ52により平面波ビームに変換され、回転ミラー53により $\theta_x$ - $\theta_y$ 方向に偏向された反射ビームLB<sub>1</sub>、LB<sub>2</sub>に変換される。

【0037】図12の(ロ)、(ハ)は反射ビームLB<sub>1</sub>、LB<sub>2</sub>のスクリーン54上の照射パターンを示しており、回転ミラー53の回転角 $\theta_x$ - $\theta_y$ の大きさが異なる例である。半導体レーザ51のマルチビームの間隔を2d、集光レンズ52の焦点距離をf<sub>1</sub>、回転ミラー53と集光レンズ52との間隔をf<sub>2</sub>に設定すると、スクリーン54上の反射ビームの軌跡iとjの間隔、反射ビームkとlの間隔は、照射パターンによらず2xdだけ離れている。ここで、回転ミラー53からスクリーン54までの距離を1とすると、 $xd = d \times 1 \div f_1$ の関係が成り立つ。このように、光源にマルチビームの半導体レーザを用いることにより、相似パターンを同時に一定間隔離れた位置に生成することができ、光源の点灯制御と組み合わせる複雑なパターン生成を高速に行うことができる。

【0038】＜パターン光を利用した形状特徴抽出装置＞この発明に係る2次元レーザパターンによる形状特徴抽出装置は、図13に示すように、2次元レーザパターン発生装置61、3次元位置計算装置62、パターン情報生成装置63、パターン解釈装置64から構成する。

【0039】2次元レーザパターン発生装置61は、レーザ光を任意の2次元パターン状に投影する装置であり、前述した装置を使用する。

【0040】3次元位置計算装置62は、対象物に投影されたレーザ光(図1のPSD素子8で観察されるレーザ投射方向の(x<sub>p</sub>, y<sub>p</sub>))でフィードバック制御され

る)を、図1のPSD撮像素子11で点(x<sub>e</sub>, y<sub>e</sub>)として検出する。レーザ発生装置のレイアウトから決定できる(x<sub>p</sub>, y<sub>p</sub>)と3次元位置との投影関係、および(x<sub>e</sub>, y<sub>e</sub>)と3次元位置との投影関係から、レーザ光のあたった対象物の3次元位置(V=(x, y, z))を計算する。(x<sub>e</sub>, y<sub>e</sub>)が検出されない時は、レーザ光の投影方向に対象物が存在しない時か、反射光が図1のPSD撮像素子11に入力されない時である。

【0041】さらに、複数の点の計測データからのそれらの点が存在する面を計算する。例えば、面が平面の時は、同一直線上にない3点の3次元位置(V<sub>1-2</sub>, V<sub>1-1</sub>, V<sub>1</sub>)から、3点の存在する平面のパラメータP<sub>1</sub>=(a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>)(a<sub>1</sub>\*x+a<sub>2</sub>\*y+a<sub>3</sub>\*z=1)を求める。点数を多くすることで、面が2次曲面の時なども求めることができる。

【0042】図15、図16は3次元位置計算の一例を示したもので、ある計測時点t<sub>1</sub>における3次元位置V<sub>1</sub>に対し、V<sub>1</sub>を含む複数の3次元位置を用いて新しい面のパラメータP<sub>1</sub>が決定される。パラメータP<sub>1</sub>とパラメータP<sub>1-1</sub>が同一ならば、パラメータP<sub>1</sub>とパラメータP<sub>1-1</sub>を計算するのに用いられたV<sub>1</sub>、V<sub>1-1</sub>を含む点は同じ面上にある。逆にパラメータP<sub>1</sub>とパラメータP<sub>1-1</sub>が異なれば、V<sub>1</sub>はV<sub>1-1</sub>を含む他の点と異なる面上にある。面パラメータが変化する点を形状の特徴点とし、2次元パターンを構成する点に対する面パラメータを求めて、複数の面から構成される特徴点を決定する。

【0043】パターン解釈装置64は、3次元位置計算装置62で出力される特徴点の個数をもとに面の状態を、図17に示すように、(ケース1)複数の面から構成される凸の頂点に2次元パターンの一部が投影されている、(ケース2)2つの面から構成される辺に2次元パターン全体が投影されている、(ケース3)3つの面から構成される頂点に2次元パターン全体が投影されている、(ケース4)複数の面から構成される一つまたは複数の頂点に2次元パターン全体が投影されている、の4つに分類する。

【0044】パターン情報生成装置63は、3次元位置計算装置62とパターン解釈装置64の結果をもとに投影パターンを変更する。3次元位置計算装置62では面パラメータを求めるのに用いる点は、例えば同一直線上にない必要がある。3次元位置V<sub>1</sub>が面パラメータを求める条件を満たしていない位置にある時、レーザの投影方向の指令(x<sub>p</sub>, y<sub>p</sub>)を変更し、条件を満足するようにする。パターン解釈装置64では、解釈結果がケース4の時、任意性がある。投射するパターンの大きさを小さくし、ケース4をケース1、ケース2、ケース3のいずれかに、または必要な精度で複数の面から構成される一つの頂点と特定する。

【0045】パターン解釈装置64は、さらに複数の面



から構成される辺を追跡するように、工業ロボットを制御する方法において、図18、図19に示すように、

(ケース1) 2次元パターンの全体が計測できるように、特徴点の重心を通り、特徴点を含む平面の法線方向にレーザのz軸が一致するように、ロボットの位置と姿勢を定める、(ケース2) 2つの特徴点のうち、進行方向に対して遠くにある点が近くになるようにロボットの位置と姿勢を定める、(ケース3) 3つの面から構成される頂点が、次の特徴点になるようにロボットの位置と姿勢を定める、ことでロボットの移動する軌道を定める。

#### 【0046】

【発明の効果】この発明は以上のような構成からなるので、次のような効果を奏する。

<パターン光を利用した形状特徴抽出装置>

(1) 2次元レーザパターン発生装置のレーザを $\Delta t_0$ だけ発光し、PSD撮像素子で2次元位置( $x_0, y_0$ )を計測し、 $\Delta t_1$ で3次元位置( $x, y, z$ )を計算し、 $\Delta t_2$ で面パラメータを計算し、 $\Delta t_3$ で面パターンを計算することにより、1点の計測に $\Delta t_0$ から $\Delta t_0 + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$ 個の点が計測できる。さらに、 $\Delta t = \max \{ \Delta t_0, \Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3 \}$ を単位に、各計算の同期をとることにより、T時間の間に $(T/\Delta t) - 3$ 個の点が計測できる(図14参照)。

【0047】(2) 3次元位置の計測に必要な入力データ格納用記憶エリアは( $x_p, y_p$ )と( $x_0, y_0$ )のエリアであり、従来の一画面对応の記憶エリアと比較するとすくなくすむ。

(3) 従来の一本のスリット光に基づく軌道生成では、スリット光の位置が溶接トーチに近い程正確な位置を計測できるが、溶接速度が限定される。高速にロボットを動かすにはできるだけ軌道を先読みすることが望ましいが、経路の曲率があると生成された軌道のずれが大きくなる。頂点においてレーザラインが消失すると対処できない(図20参照)。これに対して、本発明では2次元のパターン(例えばリングパターン)を辺の真ん中あたりに投影・計測することで1回の計測で2個の特徴点が計測される。一方、複数の辺の交差する頂点付近においては、2次元パターンの一部の3次元位置が計測できなかったり、特徴点の個数が変化したりするが、複数の面から構成される辺に沿ったロボットの軌道を生成することができる。

【0048】(4) 従来の一本のスリット光に基づく軌道生成では、3つの辺から構成される頂点の位置を測定するには、3つの辺のうち2つの辺を含む軌道を計測し、その軌道を合成する必要がある、特徴抽出による装置はロボットの手先に装着してあるため、ロボットの位置制御誤差によりに計測された2つの軌道①と②が一致しな

い状況が生じる(図21参照)。これに対して本発明では、リングパターンを投影・計測することで1回の計測で3個以上の特徴点が計測された時、次の投影するリングパターンを頂点に近づくように投影することで、同一のロボット位置・姿勢(同じロボットの位置制御誤差)で頂点を計測することができる。

【0049】(5) 対象物にレーザ光を投影し、投影面の傾きを求めることを利用して、既知の多面体の姿勢や位置を計測するケースにおいて、計測したい物体にあった特定パターンを投影することや、計測したい特徴に応じてパターンを変更することにより、容易に物体を識別することができる。

(6) おおよその位置に置かれる溶接対象に対して、溶接の開始点を検出するのはスリット光やスポット光ではできないため、別の接触センサを用意する必要があった。本発明を利用することで、別のセンサを用意したり、開始軌道を求めるためにロボットを移動することなく開始点を検出し、軌道を求めることができる。

【0050】(7) ロボットの手先位置を正確に制御するには、キャリブレーションと呼ばれる作業で、実際のロボットの3次元の位置と姿勢と制御目標との誤差からロボット機構のパラメータを求める必要がある。実際のロボットの3次元の位置と姿勢を計測するには、機械的な3次元物差しで位置を計る方法があるが、姿勢を求めることができなかった。本発明をロボットの手先に付け、機械的な3次元物差しに設定された基準対象物を計測することにより、容易に実際のロボットの3次元の位置と姿勢を計測することができる。

【0051】<2次元レーザパターン発生装置>

(1) 2つの回転ミラーの間に2つのリレーレンズで構成される共役光学系を配置し、光学的に一方の回転ミラーの像を他方の回転ミラーの位置に結像させることにより、レーザビームで描画されたパターンの相似形状が距離によって変化しないようにすることができ、誤差の少ない計測を行える。

(2) ビームスプリッタと光位置検出装置をレーザビームの光路中に配置してレーザビームの偏向位置を測定し、レーザパターンの目標値との誤差に応じたフィードバック制御が可能な構成とすることにより、装置全体が移動する際の加速度による支持部材や回転ミラーなどの振動があっても、正確な投射レーザパターンを生成することができる。

(3) 半導体レーザの集光レンズを光軸に直角な方向に移動可能な構成等とすることにより、レーザビームを2つの方向に偏向することのできる小型な装置が実現でき、装着対象である小型のロボットアームなどの系の剛性の低下を解消することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る2次元レーザパターン発生装置とパターン観測装置の構成を示す概略斜視図である。

【図 2】図 1 の装置における 2 次元レーザービームの走査光軸を示す線図である。

【図 3】図 1 の 2 次元レーザーパターン発生装置とパターン観測装置の一部の制御回路を示す回路図である。

【図 4】図 3 の制御回路の動作と生成パターンの一例を示す線図である。

【図 5】図 3 の制御回路の動作と生成パターンの一例を示す線図である。

【図 6】図 3 の制御回路の動作と生成パターンの一例を示す線図である。

【図 7】図 3 の制御回路の動作と生成パターンの一例を示す線図である。

【図 8】この発明に係るレンズ移動式の偏向機構の構成と動作を示す概略図である。

【図 9】図 8 の偏向機構の詳細を示し、(イ) は断面図、(ロ) は側面図、(ハ) は平面図である。

【図 10】この発明に係るレンズ回転式の偏向機構の構成と動作を示す概略図である。

【図 11】図 11 の偏向機構の詳細を示し、(イ) は断面図、(ロ) は側面図、(ハ) は平面図である。

【図 12】この発明に係る 2 本のレーザービームを用いた 2 次元レーザーパターン発生装置の構成と動作を示し、(イ) は概略図、(ロ) および (ハ) は生成パターンの線図である。

【図 13】この発明に係る 2 次元レーザーパターンによる形状特徴抽出装置を示すブロック図である。

【図 14】図 13 におけるタイムチャートである。

【図 15】複数の面から構成される特徴の抽出を示す説明図である (その 1)。

【図 16】複数の面から構成される特徴の抽出を示す説明図である (その 2)。

【図 17】複数の面から構成される辺および頂点の特徴抽出を示す説明図である。

【図 18】辺に沿ったロボット軌道生成アルゴリズムを示す説明図である (その 1)。

【図 19】辺に沿ったロボット軌道生成アルゴリズムを示す説明図である (その 2)。

【図 20】辺に沿ったロボットの軌道生成を従来と本発明で比較した概略斜視図である。

【図 21】頂点座標の計測を従来と本発明で比較した概略斜視図である。

【図 22】従来のロボットにレンジセンサを付けて溶接するシステムを示す概略斜視図である。

【図 23】図 22 における溶接時の問題点を示す斜視図である。

【図 24】従来の 2 次元レーザーパターン発生装置とパタ

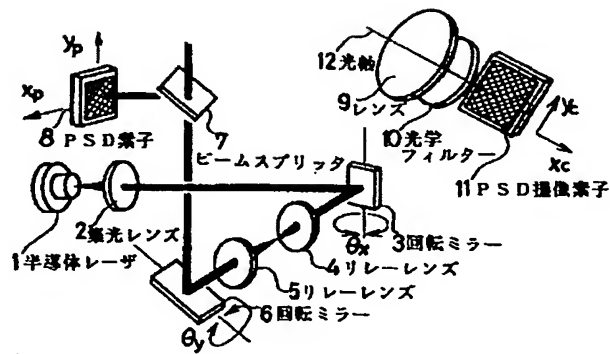
ーン観測装置を示す概略斜視図である。

【図 25】図 24 の装置における 2 次元レーザービームの走査光軸を示す線図である。

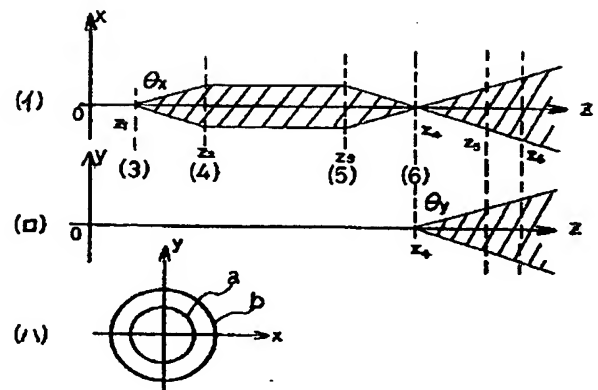
# 【符号の説明】

1	半導体レーザー
2	集光レンズ
3	回転ミラー
4	リレーレンズ
5	リレーレンズ
10 6	回転ミラー
7	ビームスプリッタ
8	P S D 素子
9	レンズ
1 0	光学フィルター
1 1	P S D 撮像素子
1 2	光軸
2 1	制御信号発生回路
2 2	レーザー駆動回路
2 3, 2 4	比較回路
2 5, 2 6	ミラー駆動回路
2 7, 2 8	位置検出回路
2 9, 3 0	サンプルホールド回路
3 1	半導体レーザー
3 2	集光レンズ
3 3	支持部
3 4	支持バネ
3 5	レンズ治具
3 6	可動コイル
3 7	磁気回路
4 1	半導体レーザー
4 2	集光レンズ
4 3	回転ミラー
4 4	レンズ
4 5	コイル
4 6	支持部
4 7	可動磁石
4 8	支持針
4 9	支持バネ
5 1	半導体レーザー
5 2	集光レンズ
5 3	回転ミラー
5 4	スクリーン
6 1	2 次元レーザーパターン発生装置
6 2	3 次元位置計算装置
6 3	パターン情報生成装置
6 4	パターン解釈装置

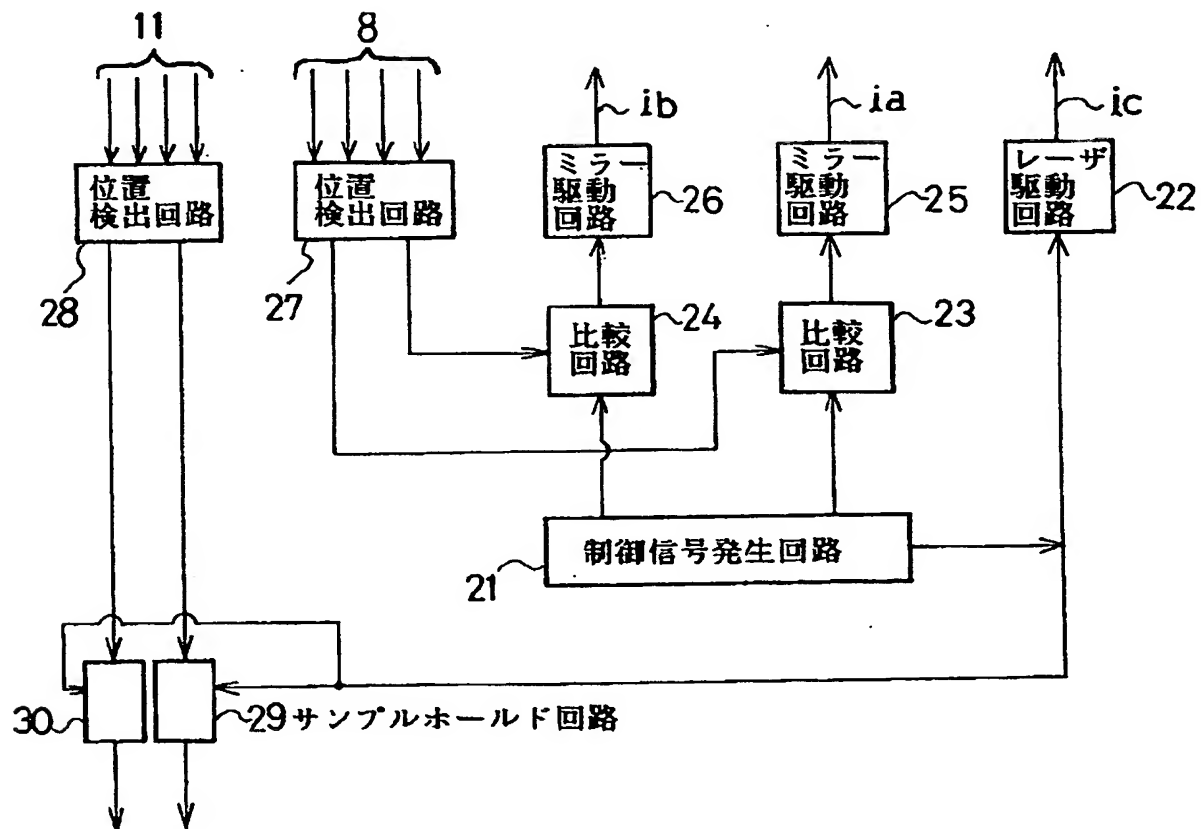
【図1】



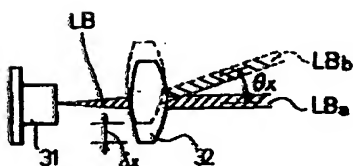
【図2】



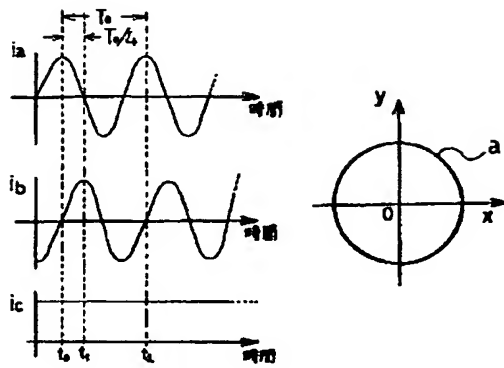
【図3】



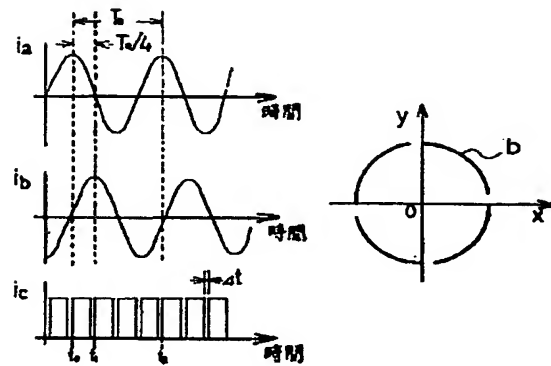
【図8】



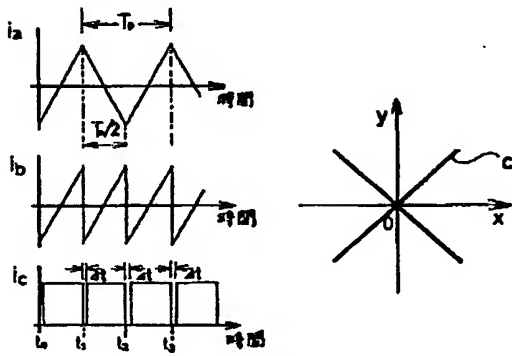
【圖 4】



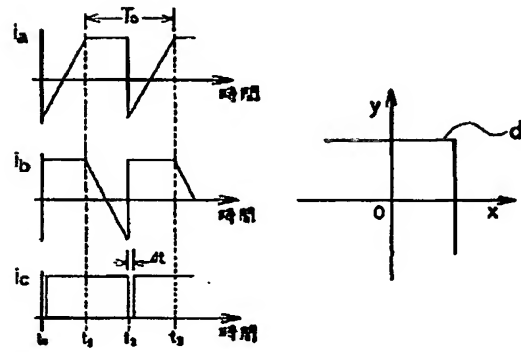
【圖 5】



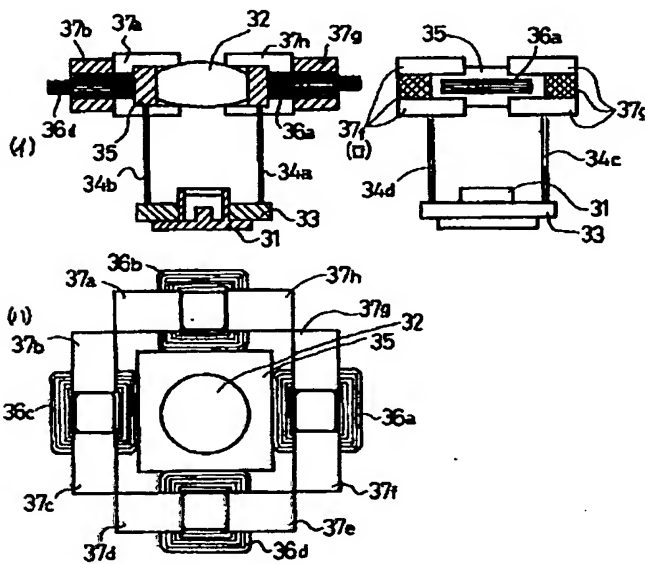
【圖 6】



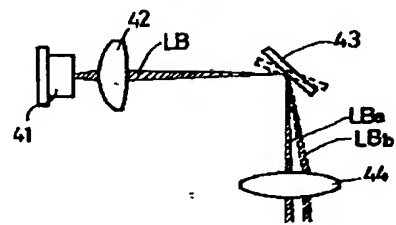
【圖 7】



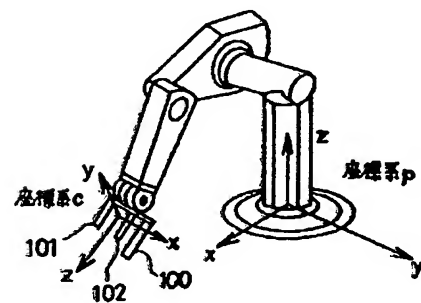
【圖 9】



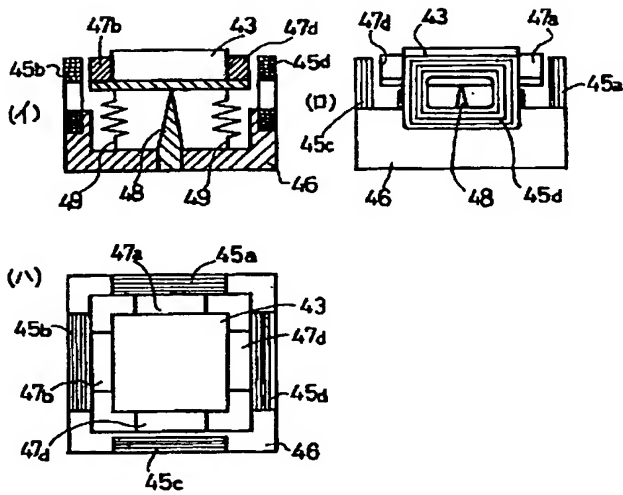
【圖 10】



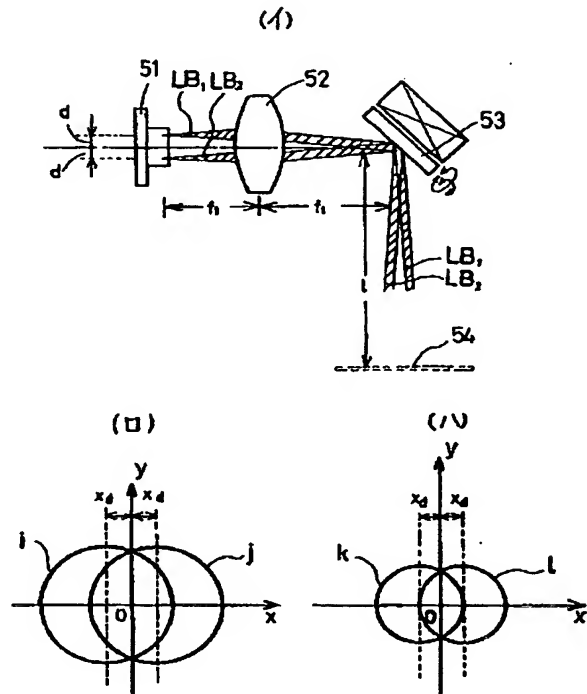
【圖 22】



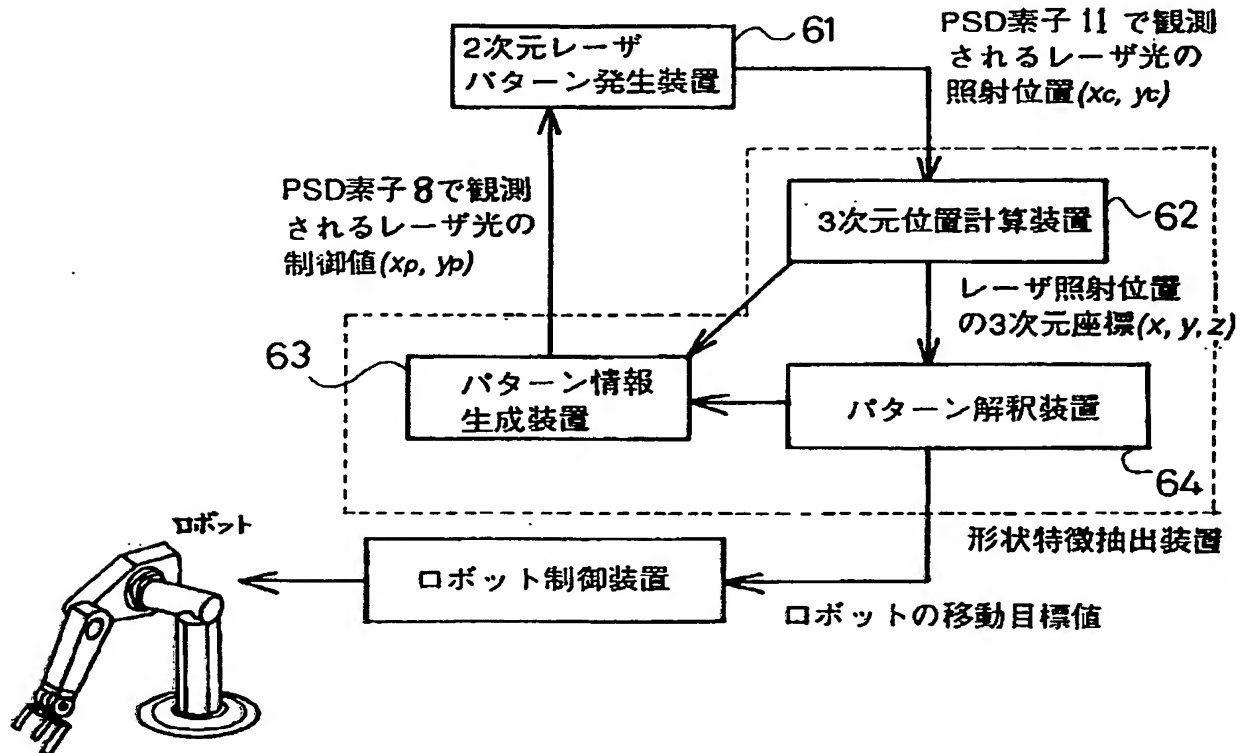
【図 1 1】



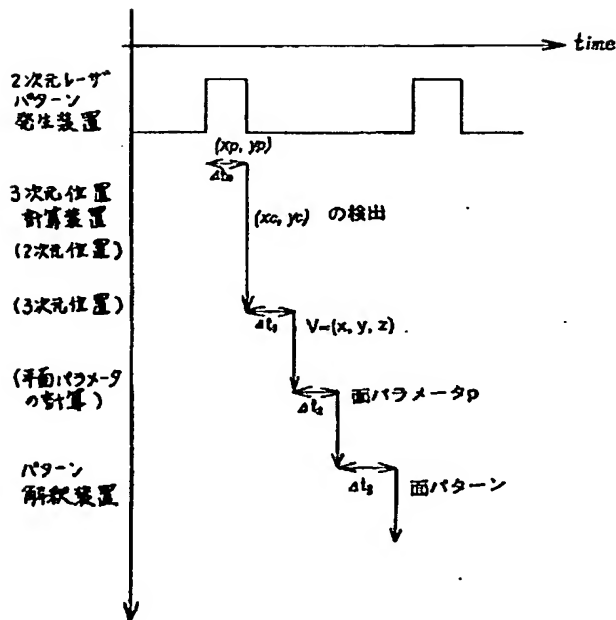
【図 1 2】



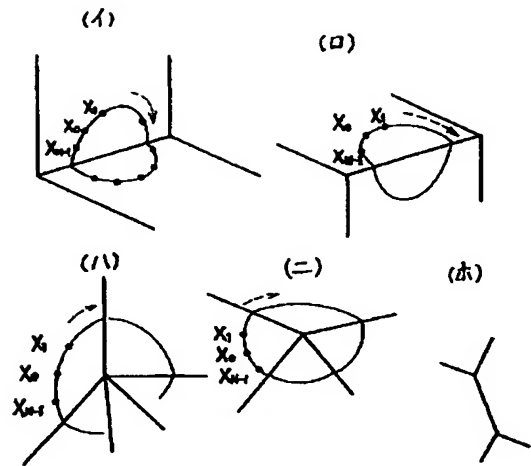
【図 1 3】



【圖 15】



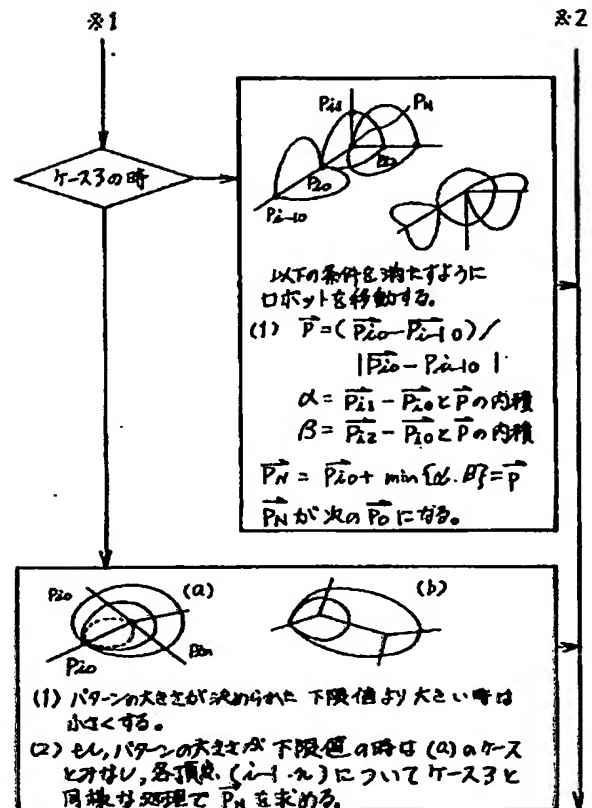
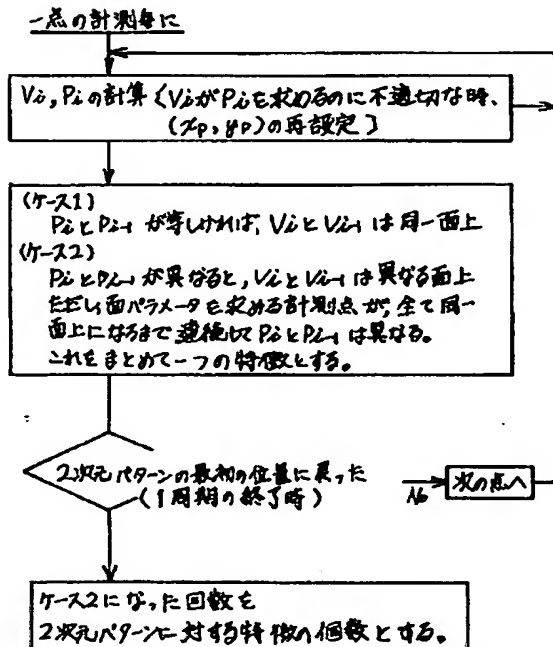
【图 16】



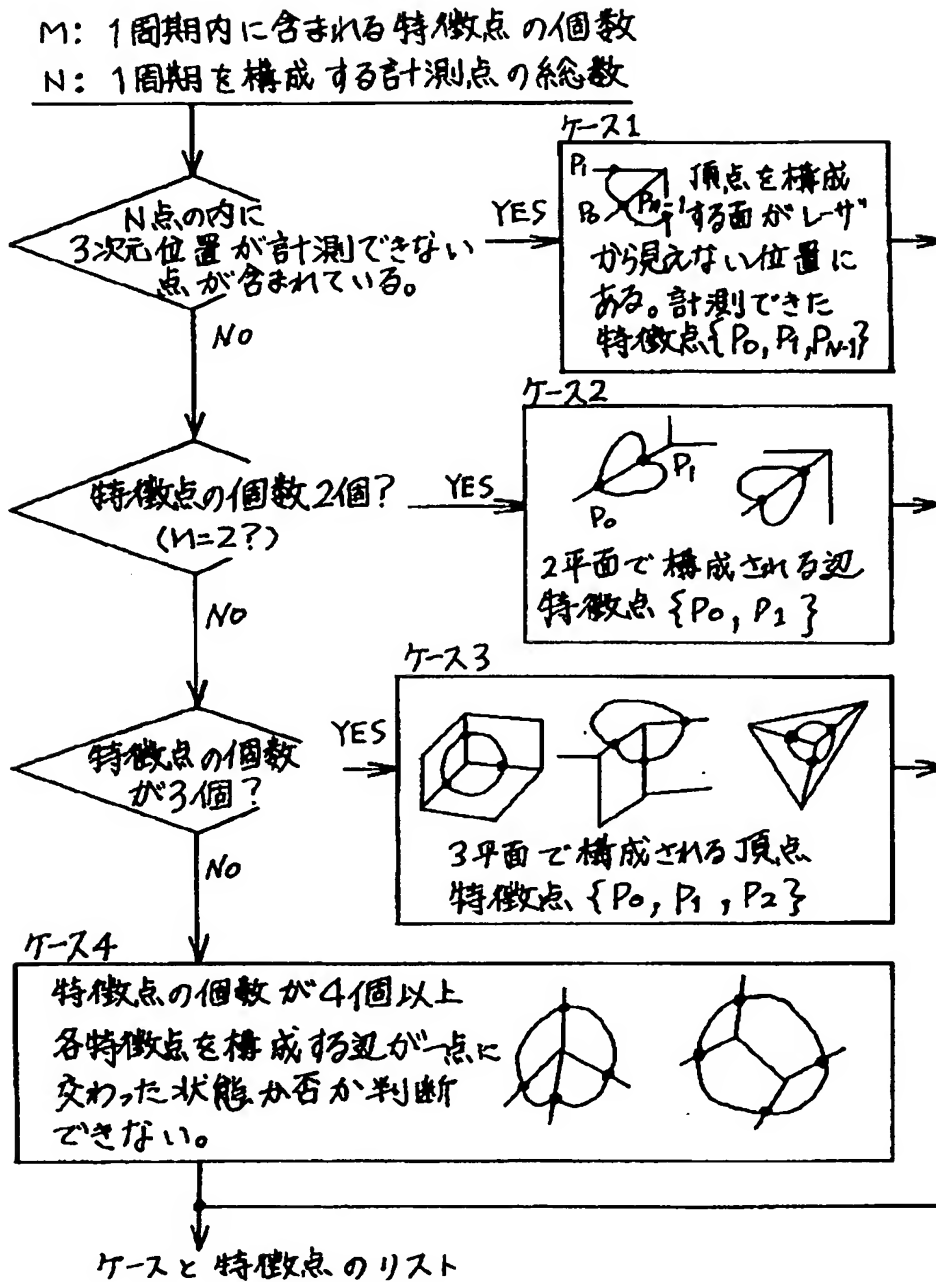
$P_i$  : 面のパラメータ

$$\left( \begin{array}{l} \{V_{L-2}, V_{L-1}, V_L\} \text{ が } \Gamma \text{ 構成される平面 } \Gamma \times \Gamma \\ \{V_{L-8}, V_{L-7}, \dots, V_L\} \text{ が } \Gamma \text{ 構成される } 2 \text{ 次元面 } \Gamma \times \Gamma \end{array} \right)$$

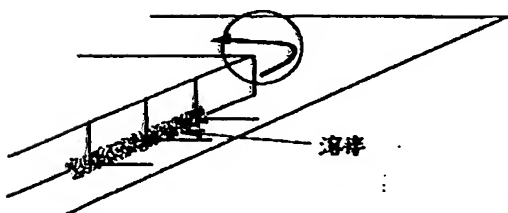
【例 19】



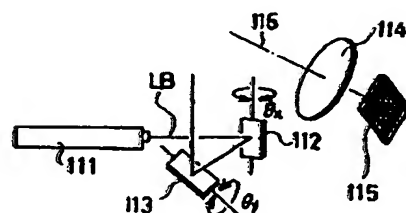
【図17】



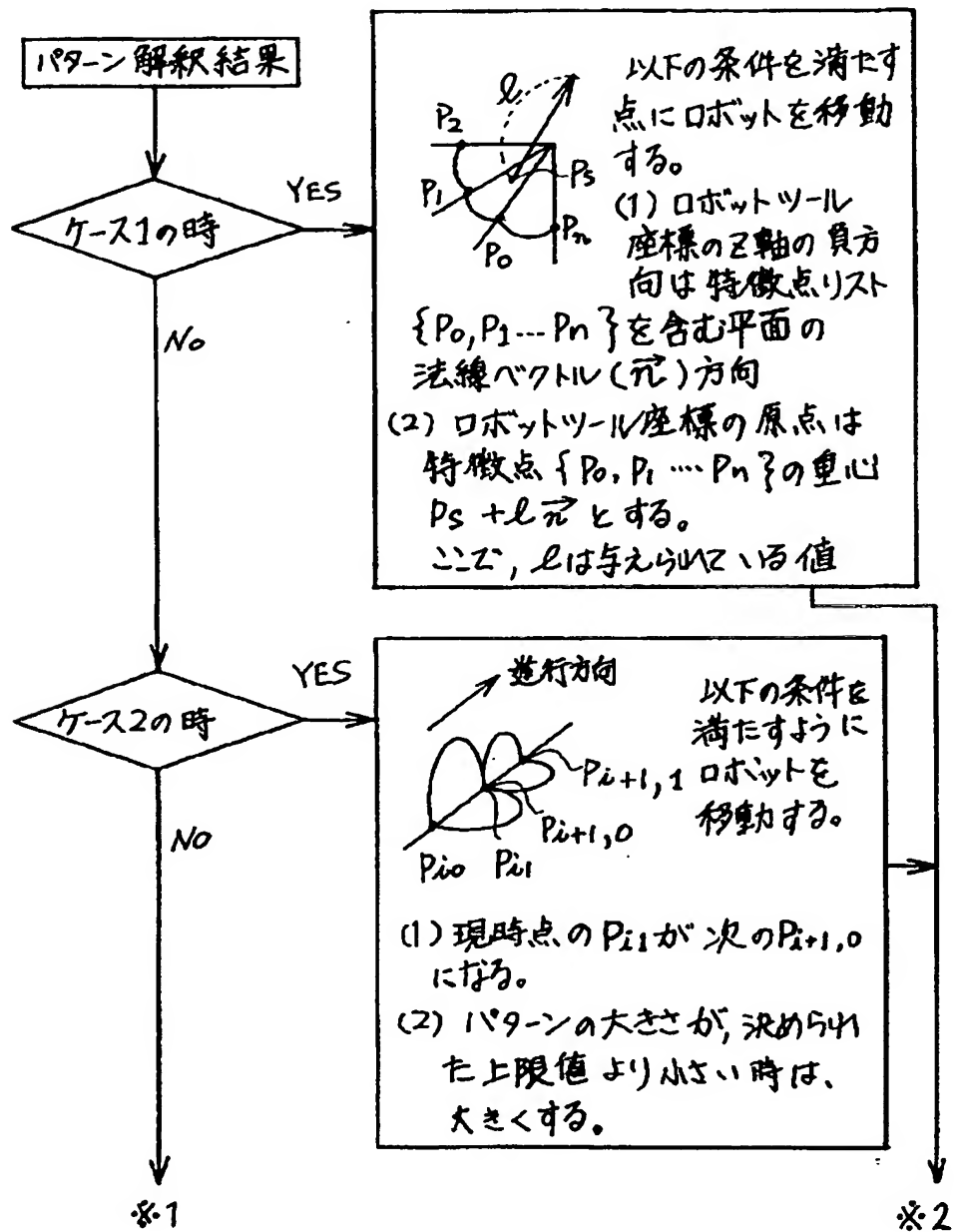
【図23】



【図24】



【図18】

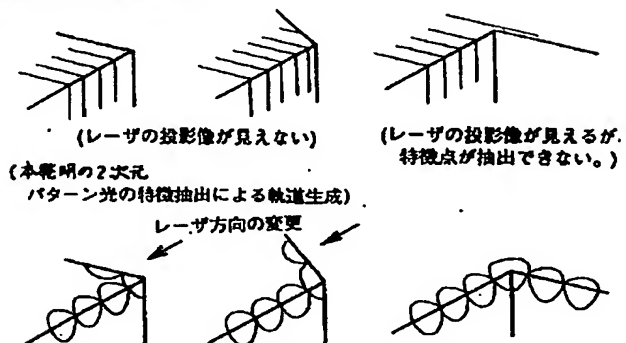




【図 2 0】

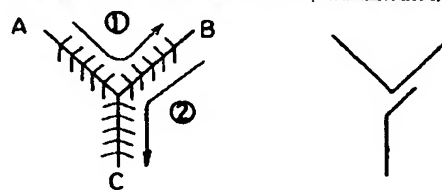
(従来のスリット光の特徴抽出による軌道生成)

頂点付近の軌道生成の例

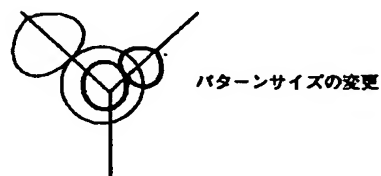


【図 2 1】

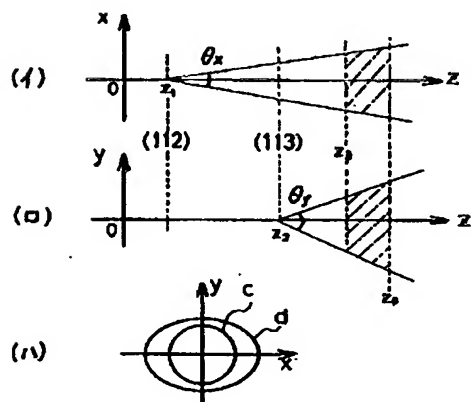
(従来のスリット光の特徴抽出による頂点座標計測)



(2次元パターン光の特徴抽出による頂点座標計測)



【図 2 5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**